# LA CALDERA A LEÑA:

**A todo lo anterior que hemos dicho, desde los sistemas de quema de leña, hasta el manejo de la leña, debemos estudiar el comportamiento de las distintas calderas a leña** (o adaptadas a leña).

Ya hemos visto que hay pérdidas por humedad, por exceso de aire, por "gases no quemados" (CO y otros volátiles), por ensuciamiento de las superficies de transferencia, por **diseño de las calderas**, por los recuperadores de gases (y calentamiento del aire de combustión, el cual mejora notablemente la combustión), etc.

**Veamos cada tipo de caldera y su problemática con el uso a leña:**

## RECORRIDA POR LAS DISTINTAS "OFERTAS" DE CALDERAS A LEÑA.

**CALDERA HUMO-TUBULARES** (PIRO-TUBULARES)

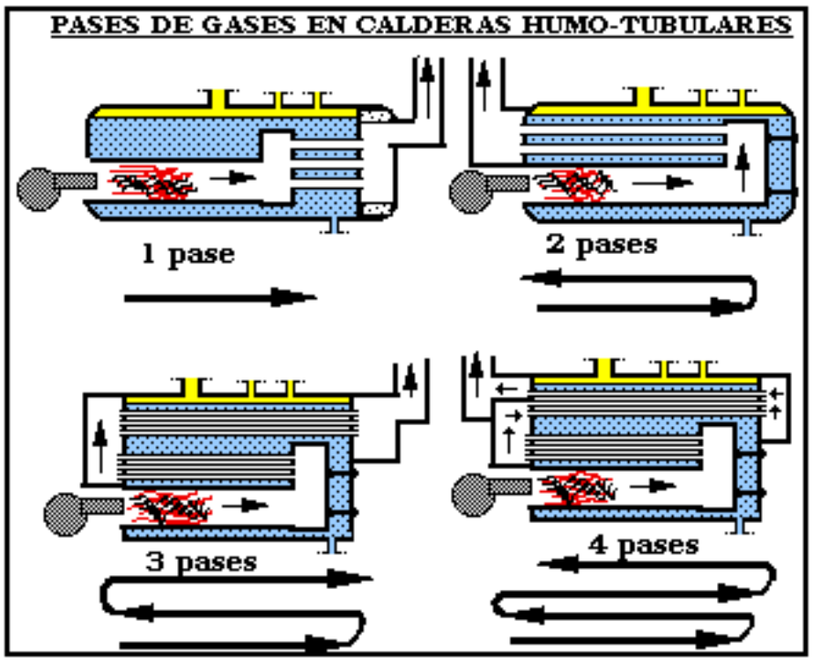
Por definición, son aquellas que **los gases del resultado de la combustión va por el interior de los tubos,** estando los mismos sumergidos y enfriados por el agua del interior de la caldera.

Por lo general las caldera humo-tubulares se clasifican entre otras cosas por los **"pases" que hacen lo gases de combustión**, o sea, las veces que cambia de sentido de dirección entre el frente de la caldera y su parte trasera (por lo general en un giro de 180º, aunque esto es algo arbitrario, ya que podemos tener un hogar cilíndrico y un pase de tubos unidos al hogar en forma recta, lo cual puede interpretarse como una caldera de 2 pases).

Esto no significa que una caldera de 1 pase sea necesariamente de menor Eficiencia (aprovechamiento del calor de combustión) que una caldera de 3 o 4 pases, ya que dependerá del largo de los pases (cuanto más largo es un pase, en relación a la misma velocidad de los gases, y al mismo diámetro de los tubos, mayor será la transferencia en el pase más largo, para las mismas condiciones de combustión y tipo de llama). **Pero, en la práctica, por lo general se dá que cuanto más pases de gases tenga una caldera, mejor será el aprovechamiento del calor del combustible** (leña en este caso).

Aquí debemos hacer la acotación, que **la forma del hogar de combustión, juega un "papel" muy importante en el aprovechamiento del calor de la leña, no sólo en lograr una combustión completa, sino en que si ese hogar tiene capacidad de "absorber" calor** (caso de **la "capilla" de la quema directa que puede "absorber" entre un 40% a un 60% del calor**, pero en el caso del gasógeno, dado su tamaño relativo y a que se hace una combustión parcial, hay poca superficie de transferencia y una llama de muy baja temperatura, por lo cual por lo general el gasógeno **"absorbe" entre un 10% a un 15% del calor total**).

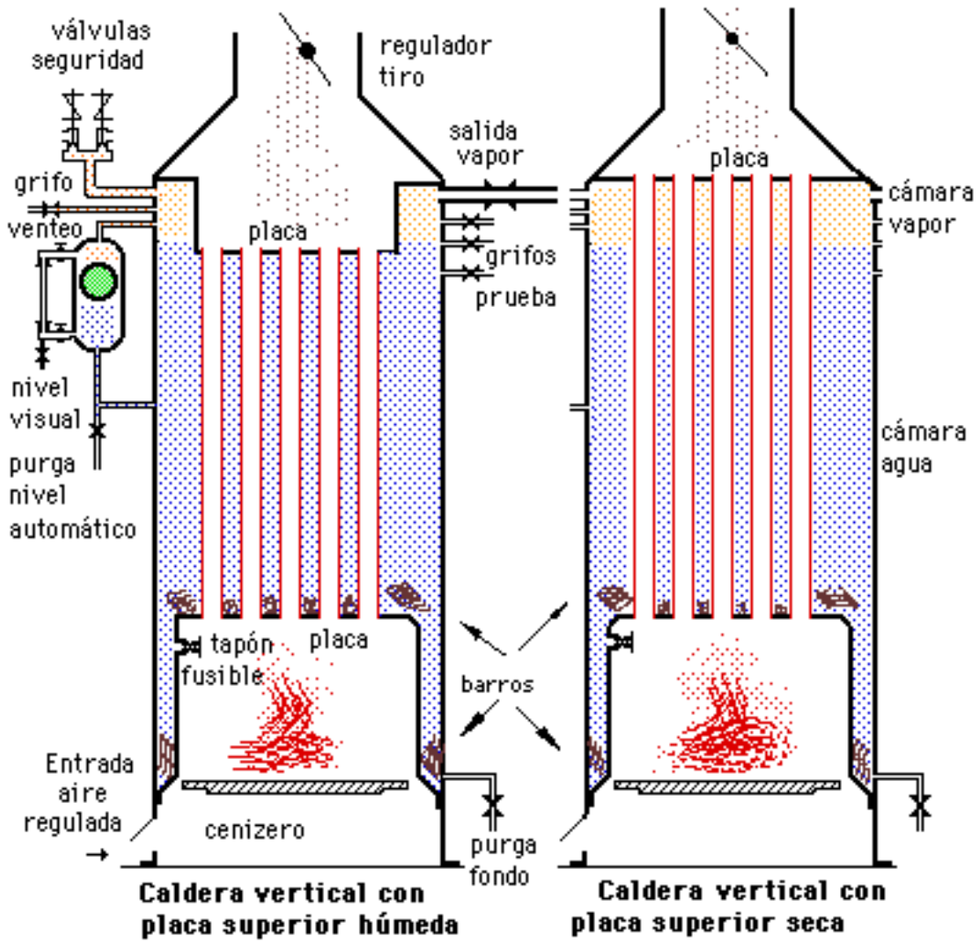
En general, las calderas "humo-tubulares" se utilizan en la franja de bajas presiones (por lo general no más de 20 kg./cm2, ya que el material de hogar y la envuelta estarían sometidos a esfuerzos muy grandes, lo cual el espesor del material pasa a hacer una limitante, por su costo, peso y **peligro de explosión o colapso del hogar** (aunque este se mejora por medio de corrugas o refuerzos soldados del lado del agua, siendo limitado el espesor del tubo del hogar a un problema de transferencia térmica, ya que si pasa de determinado espesor, el material del lado del "fuego" no se podría enfriar a la temperatura máxima admisible.




Como se ve en las figuras anteriores la caldera de 1 pase si su largo o trayecto que recorre los gases fuera tan largo como el trayecto que recorre la caldera de 4 pases, la transferencia de calor se podría suponer que son iguales, pero en la práctica se dá que por lo general cuanto más pases tenga la caldera, la misma tiene mejor aprovechamiento del calor (mejor Eficiencia o Rendimiento de Combustión y **Transferencia**).

## CALDERAS VERTICALES (HUMO-TUBULARES)

**Si consideramos las calderas verticales,** en este caso **por lo general serán de 1 pase** (un pase de hogar por lo general muy corto y un pase de tubos, aunque antiguamente eran prácticamente solo un hogar cilíndrico vertical con algunos tubos de gran diámetro que "atravesaban" el hogar en forma inclinada, para dejar "caer" los barros, ya que recibían el calor de la llama del hogar y podrían quemarse por falta de enfriamiento al taparse con barros), **ya que el hogar y los tubos tienen la misma dirección** (aunque hay calderas verticales de más de un pase, pero no son muy comunes). Veamos un esquema para la combustión de leña (de un pase) quemando en el hogar de la caldera, y evaluemos su comportamiento en general.




En las calderas a verticales a leña, por lo general de baja producción de vapor (quizás el común sea hasta unos 1.000 Kg./hora) **tienen su ventaja y su contra.**

**Su primera ventaja** por lo general **es el costo inicial de la caldera** (de menor costo) **y su gran facilidad de instalación** (por lo general solo requieren un piso plano que soporte su peso y una salida para la chimenea en el techo).

**Su primera desventaja es el bajo rendimiento o aprovechamiento del calor**. Al ser de un solo pase (limitado en el trayecto de los gases), **al ser verticales de un solo pase el tiro de chimenea es muy pronunciado** (aunque se puede regular perfectamente), **el tiempo de "residencia" de los gases en la caldera es muy bajo**, con lo que **la transferencia de calor es baja** y la **temperatura de los humos a la salida de la caldera es alta** (en dos calderas cuya temperatura de chimenea sean diferentes en las mismas condiciones de combustión y combustible, la caldera de menor temperatura en los gases de chimenea tiene mejor aprovechamiento del calor -mayor Rendimiento-porque el calor perdido por la chimenea es directamente proporcional a la temperatura de los gases).

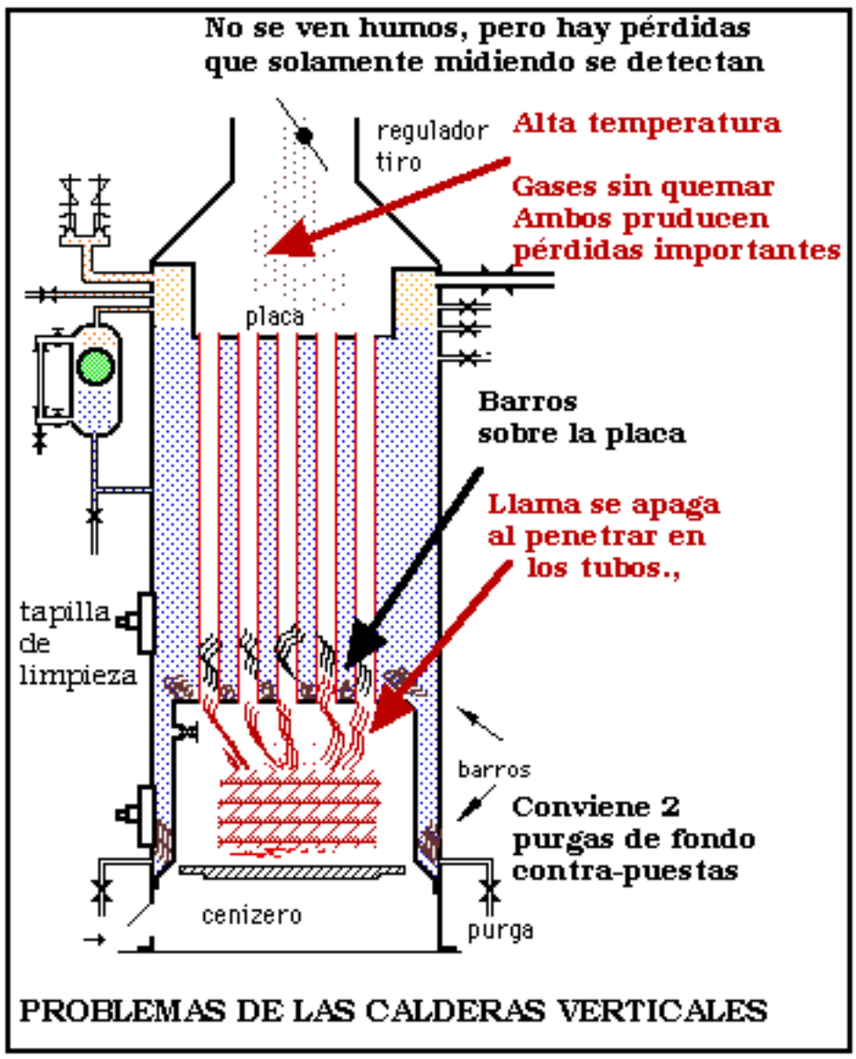
**En el caso de la leña, las calderas verticales de un solo pase, por lo general, dan menos de 4 kilos de vapor por kilo de leña seca** (con 25% H.b.h., y próximo a los 3 kg/kg. leña en la mayoría de los casos, por la pérdida que explicaremos a continuación).

**Pero hay una pérdida que no la tienen en cuenta, es que los tubos están "tan sobre encima" de la combustión que "succionan" la llama** (la llama son los gases combustibles de la descomposición de la leña por el calor, gases orgánicos en distinta etapa de transformación, entre ellos el CO), **como hemos dicho, la llama al entrar en el interior de los tubos, se "apaga" y aparece una pérdida muy importante por "gases no quemados"** (que se pueden medir en la chimenea, pero no se observan porque, dado que los gases de leña no dan humo como el F. Oíl, lo mismo pasa con el gas natural y de garrafa).

**Esta pérdida por "gases no quemados" en algunos momentos puede ser muy importante** (cuando la caldera funciona en cargas altas, cuando tiene "mucha" leña en hogar, cuando la humedad de la leña es alta, cuando se trabaja con poco exceso de aire, etc.). **Decíamos que por cada 1% de monóxido de carbono** (CO) **en chimenea se perdía entre un 5% a un 7% de la leña, pero además la caldera se "achica"** (esto se debe a que la llama pierde temperatura en el hogar por lo que transmite menos el calor, la leña ocupa gran parte del hogar que deja de "absorber" calor al tapar, ensuciar, las superficies de transferencia, la caldera se ensucia rápidamente lo que hace que la temperatura de chimenea suba y se pierda más calor, etc.).

El otro problema que se debe contemplar, es que **si la caldera vertical es de placa "seca"** (la placa superior está en la cámara de vapor, con parte de los tubos sin ser refrigerados por el agua de la caldera) **hay grandes posibilidades de aflojamientos y fisuras de tubos, y fisuras de la placa entre agujeros de tubos.** Este problema ocurre, por lo general, en el momento de puesta en marcha. Al no haber vapor en la cámara de vapor que refrigere la placa y los tubos, en el momento de que está la caldera fría y se pone en marcha, **como hay un gran tiraje, si no se tiene la precaución de hacer una combustión lenta** (suave, tomándose un tiempo para el precalentamiento de la caldera en baja combustión) **la temperatura de los humos es muy alta y produce el recalentamiento de los mandrilados** (y soldadura) **de los tubos sobre la placa, provocando una "fatiga térmica" o recalentamiento que permite que el metal se "queme" o se "ablande", lo que produce el aflojamiento de los tubos o su fisura** (no olvidar que al calentarse la caldera hay diferencias de temperaturas que provocan que las dilataciones hagan grandes esfuerzos entre las placas, tubos y envuelta, hay una simple fisura por esfuerzo o una fatiga de esfuerzos cíclicos que termina en fisura).

**Otra desventaja, es que el tratamiento de agua debe ser de tal manera que no haya barros de "precipitación" interna, ya que estos barros caen en parte sobre la placa inferior, que está sometida directamente al calor de la llama, lo que puede traer problemas de enfriamiento de la misma** (estos barros son muy difíciles de extraer, ya que la placa esta horizontal y tiene los tubos verticales, que hacen difícil que los barros bajen a la "pollera" lateral, para ser sacados por las purgas de fondo. Conviene que haya dos purgas "encontradas", hacer una limpieza manual cada tanto tiempo, con mangueread o interno, así se mantiene la placa inferior limpia, para ello previendo entradas de mano o cabeza a la altura de la placa inferior y con posiciones encontradas para poder manguerear a toda la placa).




Como vemos en la figura anterior, mostrando los barros depositados sobre la placa inferior (que puede provocar recalentamientos), la placas superior es húmeda (se refrigera) y vemos la caldera que no termina correctamente la combustión (la llama penetra en los tubos y se apaga, **provocando pérdidas por gases no quemados),** vemos que hemos puestos 2 purgas de fondo contra-puestas y tapillas de limpiezas.

**En resumen: las calderas verticales son más baratas, pero tienen por lo general un mal rendimiento.** Conviene que la cámara de combustión tenga suficiente altura para que la llama no penetre en los tubos. El sistema de "grilla" o "parrilla" puede ser seco o de tubos con circulación de agua (el problema de estos últimos es que si el tratamiento químico produce barros, los tubos se queman al taparse por barros sin no tienen suficiente inclinación y las purgas no lo extraen). Para evitar los barros se debe "ablandar" el agua (intercambiar las sales que producen la precipitación, generalmente bicarbonatos de calcio y magnesio por sodio) o extraer estas sales con "ósmosis inverso" (o por medio químicos externos).

De todas maneras toda parrilla formada por tubos refrigeradores sometidos a la presión de la caldera y no disponiendo grillas de fundición de protección en su parte superior (mejorar la distribución del aire, protegen a los tubos de un exceso de exposición de temperatura que puede provocar la explosión del tubo si este le falta una buena refrigeración por estar tapados de barros o incrustaciones, e inclusive si son horizontales y no circula correctamente el agua de la caldera por falta de inclinación. **La explosión de un tubo de la parrilla puede provocar un daño grave al operador de la caldera** (por eso se debe preveer lo comentado anteriormente, ya que **no se instalar doble compuerta de carga** (por la dificultad de su implementación). **La solución más segura es tener "grillas secas" de fundición refractaria, bien diseñadas para que se refrigeren por el aire "bajo grilla".**

# CALDERAS HUMO-TUBULARES (HORIZONTALES)

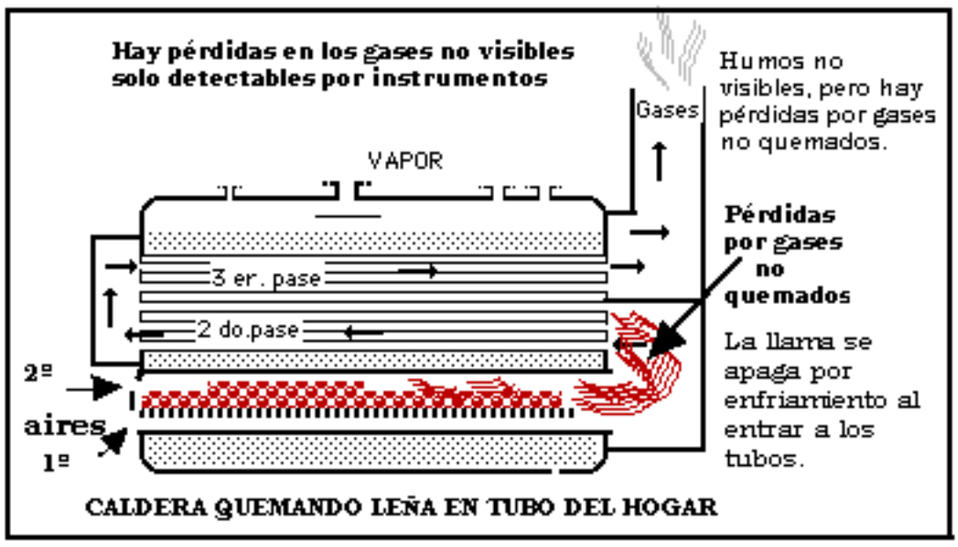
## 1-CALDERAS DE QUEMA DIRECTA EN EL TUBO DEL HOGAR.

En este caso, la caldera no tiene un ante-hogar de combustión, sino que **quema directamente en el tubo del hogar** (lo mismo que si fuera un combustible líquido o gas), **ocupando la parrilla y la leña buena parte de la superficie de transmisión del tubo** del hogar, lo que **provoca una disminución en la vaporización de la caldera en comparación a la utilización de la misma con combustibles líquidos o gaseosos** (gas natural o gas licuable).

En este caso, **al quemar la leña directamente en el tubo del hogar**, la llama (gases en combustión) puede penetrar en el interior de los tubos (en marchas altas, o mucha leña amontonada, o poco aire de combustión, o leña con mucha humedad, lo que hace que la llama se alargue) **y al penetrar la llama en los tubos, la llama se apaga y produce una pérdida por gases no quemados** (pérdida que puede ser muy importante).

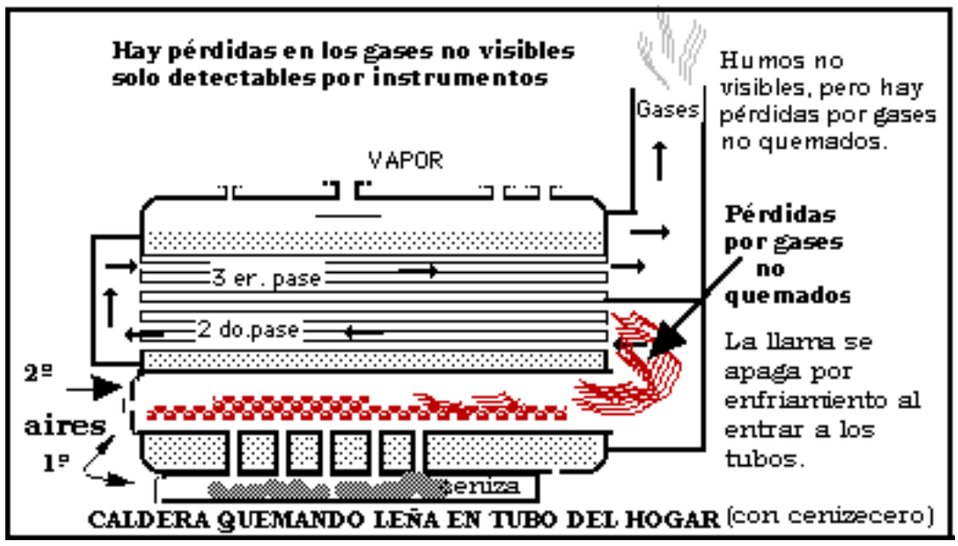
Estas calderas, están sujetas a la regla general, cuanto más grande sea el tubo del hogar (diámetro y largo), cuanto más largo sean los pases de gas, cuanto más pases de tubos (más largo el tiempo de transmisión del calor), **mayor será su rendimiento o kilogramos de vapor por kilogramo de leña. Por lo general dificilmente superen los 4 kilos de vapor por kilo de leña con 25% de H.b.h. cuando la marcha es mayor al 80% de su capacidad.**

**Todo lo anterior es válido para calderas que se les ha perforado entradas entre la envuelta y el tubo del hogar, tanto para entrada de aire como la bajada de ceniza al cenizero debajo de la envuelta de la caldera** (estos sistema vienen por lo general desde la Argentina, no más baratas en su adquisición).


Hay pérdidas en los gases no visibles
solo detectables por instrumentos
Humos no visibles, pero hay pérdidas por gases no quemados.
Gases
VAPOR
Pérdidas por gases no quemados
3 er. pase
2 do.pase
La llama se apaga por enfriamiento al entrar a los tubos.
2º aires
1º
CALDERA QUEMANDO LEÑA EN TUBO DEL HOGAR

Como lo vemos en la figura anterior**, el hogar tiene poco volumen libre para la llama, lo que hace que el "tiempo" necesario para una combustión completa sea insuficiente.**

**En la figura inferior vemos un croquis de una caldera con cenicero bajo la envuelta y bajadas entre el hogar y la envuelta.** En este caso me queda la duda de la fatiga entre el hogar y la envuelta, sometidas a diferencias de temperaturas que puedan provocar un falla en las soldaduras rígidas de los tubos de baja entre la envuelta y el hogar. Es muy importante el tratamiento químico del agua, especialmente alimentar con agua blanda, ya que la acumulación de barros es muy posible que dificulte el enfriamiento del tubo del hogar en la parte inferior y con ello agravar el problema de un "stress" térmico en las soldaduras de los tubos de bajada. El aire entra fundamentalmente por la "puerta" de carga en el tubo del hogar, aunque algo entra por el cenicero.


Hay pérdidas en los gases no visibles
solo detectables por instrumentos
Humos no visibles, pero hay pérdidas por gases no quemados.
Gases
VAPOR
Pérdidas por gases no quemados
3 er. pase
2 do.pase
La llama se apaga por enfriamiento al entrar a los tubos.
2º
aires
1º
ceniza
CALDERA QUEMANDO LEÑA EN TUBO DEL HOGAR (con cenizecero)

**EN RESUMEN:**

Estas **calderas que queman el tubo del hogar, son de un bajo costo en comparación con las que veremos más adelante** (que tienen mejor Eficiencia o rendimiento) **pero tienen un bajo rendimiento** cuando las condiciones indicadas "achican" la cámara de combustión y no permite la combustión completa de la llama (ya que llega a los tubos y se apaga), **son relativamente baratas** (en muchos casos son calderas usadas por combustibles líquidos, carbón, gas, etc., que se adaptan para quemar leña sobre un parrilla o simplemente en el tubo del hogar, sacando la ceniza cada vez que la caldera sea apagada luego de cada turno). **Su capacidad de vaporización se ve disminuida y difícilmente puedan pasar de 20 Kilos de vapor por m2. de superficie de calefacción .** La respuesta al consumo de vapor es lenta y su capacidad de sobrecarga es muy baja. **La producción de vapor por Kg. de leña es menor de 4 Kg. de vapor por Kg. de leña** (25%H.b.h., cuando la capacidad es de más del 80% de la carga máxima).

**La capacidad máxima por lo general no es conveniente que sea más de unos 2.000 Kg. de vapor hora** (aunque se ofrecen de mayor capacidad, pero **a mayor capacidad se dificulta la combustión adecuada de la leña**, el tubo del hogar tiene un diámetro máximo por el espesor máximo admitido por la normas, debido a la necesidad de enfriamiento del metal y el largo está supeditado a las condiciones físicas limitantes, costo y largo de tubos, o sea el tiempo de combustión no alcanza y la llama penetra en los tubos y se apaga, por lo que la combustión no será adecuada a un volumen "tan chico" de hogar).

**Estas calderas podrán ser de tiro natural o forzado,** siendo las de tiro natural las que tienen de 1 o 2 pases como máximo, para 3 y 4 pases, **el tiro forzado se hace necesario**, o las de mayor capacidad de combustión (ya que hay que quemar "forzadamente" en una gran cantidad de leña en un hogar muy restringido de volumen).

## CALDERAS HUMO-TUBULARES CON HOGAR "ADICIONADO" .

En este caso podemos hacer dos grandes divisiones-**1-Calderas de "quema directa"; 2- calderas con "gasógeno"** (o combustión en dos etapas)**.**

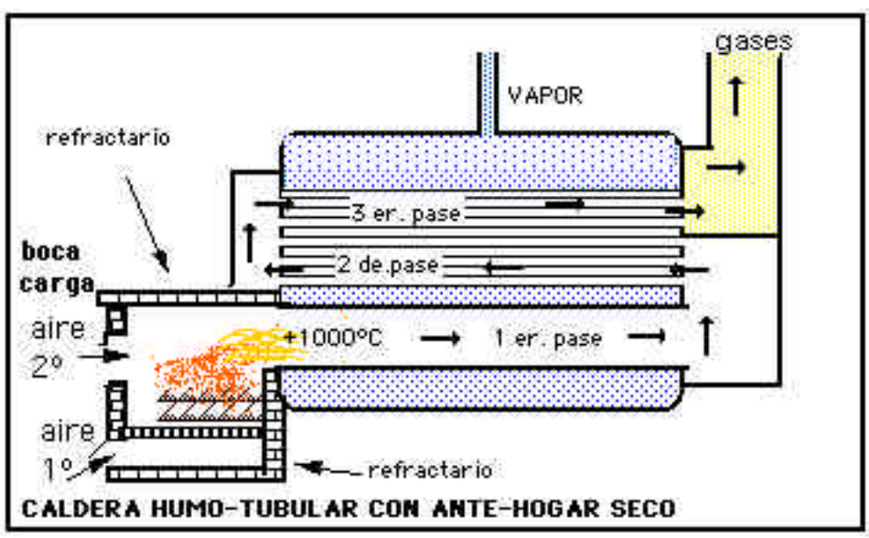
### 1- CALDERAS DE LEÑA DE QUEMA DIRECTA (con antehogar)

En este caso tenemos dos tipos: **a-calderas a leña con ante-hogar seco; b-calderas a leña con ante-hogar húmedo** (acuotubular, que podremos dividir en dos: **1-calderas con ante-hogar húmedo sin hogar cilíndrico en cuerpo humo-tubular; 2-calderas con ante-hogar húmedo y con hogar cilíndrico en cuerpo humo-tubular.**

### a) Calderas a leña con ante-hogar seco.

En este caso el ante-hogar seco es **un hogar de refractario que descarga sus gases en combustión en el hogar cilíndrico del cuerpo humo-tubular**. Por lo general esta disposición se hace en calderas adaptadas que no se les puede adicionar un ante-hogar húmedo (dado que la disposición de la placa y los tubos, dificulta la conexión de los colectores de descarga del hogar húmedo, o los costos de este hogar húmedo superan el valor disponible, aunque un hogar de refractario tiene un costo importante si se confecciona correctamente).

**En este tipo de hogar se logran muy buenas combustiones dado la alta temperatura que se logra en la llama** (por ser este hogar "seco" y que no absorbe calor de la combustión) **pero esta misma alta temperatura atenta contra la "vida" de este hogar** (los refractarios están sometidos a temperaturas superiores a los 1200ºC, a "a golpes de aire frío", todo lo que atenta contra la duración de los refractarios), **por lo que el costo de mantenimiento es alto debido a las frecuentes reparaciones de los refractarios** (aunque todo depende de como sea confeccionado el hogar, la calidad de los refractarios, etc.).



CALDERA HUMO-TUBULAR CON ANTE-HOGAR SECO

**La parrilla o grilla**, por lo general es de hierro fundido (en algunos casos de fundición especial para alta temperatura), del tipo sin refrigeración por agua, la forma del perfil de cada grilla es fundamental, ya que si bien el aire es el encargado del enfriamiento, también es el aire el que provoca la combustión, lo que puede hacer que localmente en un lugar que entra mucho aire y la grilla tiene un "perfil" que no permite su enfriamiento, se producen altas temperaturas que terminan "quemando" el metal de la grilla (como si fuera un "soplete", efecto como tienen las fraguas del herrero).

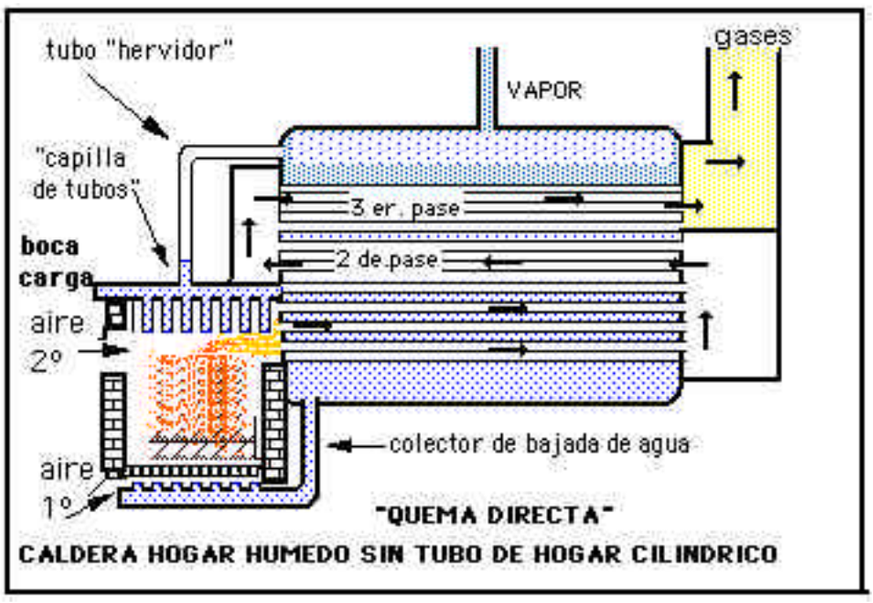
**En general, estos hogares "secos" deben ser dimensionados de tal manera que la combustión de la leña se termine en el interior del hogar cilíndrico de la caldera** (de esta manera se evita que haya exceso temperaturas en el hogar "seco", ya que si el hogar "seco" permite que la leña haga la combustión completa en dicho hogar, todo el calor de la leña se liberaría en dicho hogar que no "absorbe" el calor, desarrollando una gran temperatura. De lo contrario, si en el hogar se produce una % de la combustión y el resto en el tubo del hogar, la temperatura en el ante-hogar serán menores (o sea, la llama siempre debe terminar entre la mitad y el fondo del hogar cilíndrico, que si observamos el hogar cilíndrico no se verá vacío de llama, de esta manera que haya llama dentro del tubo en todas las marchas, para ello mantener un lecho de leña y manejarse con los aires primarios y secundarios). Es casi el caso del gasógeno, en donde solo se transmite entre el 10-15% del calor total a liberar, pero el gasógeno es refrigerado y su combustión es incompleta, **hay menor temperatura**, en este caso de "hogar seco" no tenemos esa condición.

Hay calderas con hogares secos, que tienen la forma de cámaras de combustión "torsionales" o del tipo de "silos", que no solo queman leñas, sino cáscaras y otros.

## b- calderas con ante-hogar húmedo

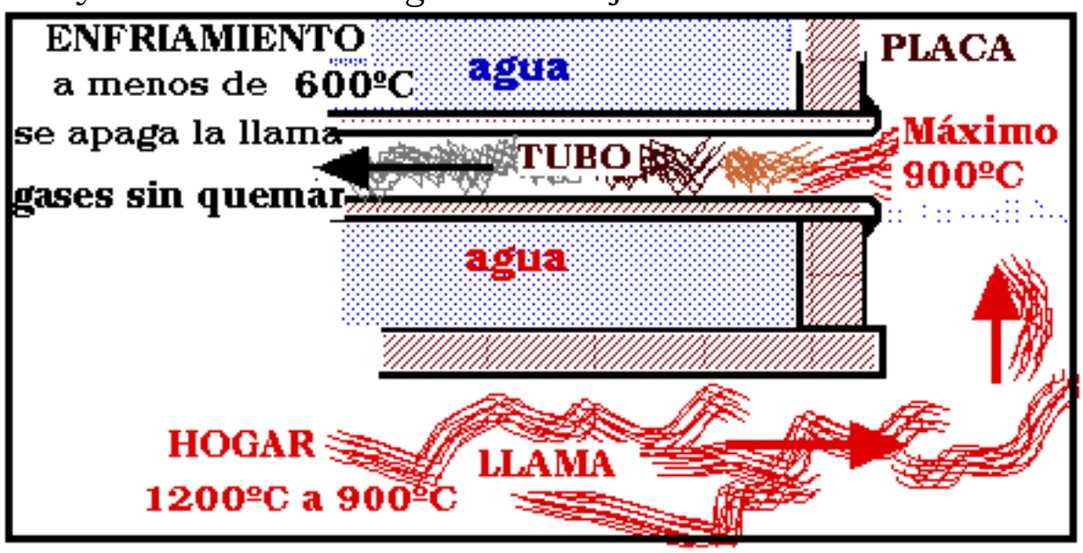
Como dijimos hay **dos casos a considerar** (**sin hogar cilíndrico** y **con hogar cilíndrico dentro del cuerpo humo tubular**).

## 1-calderas con ante-hogar húmedo sin hogar cilíndrico en cuerpo humo-tubular:



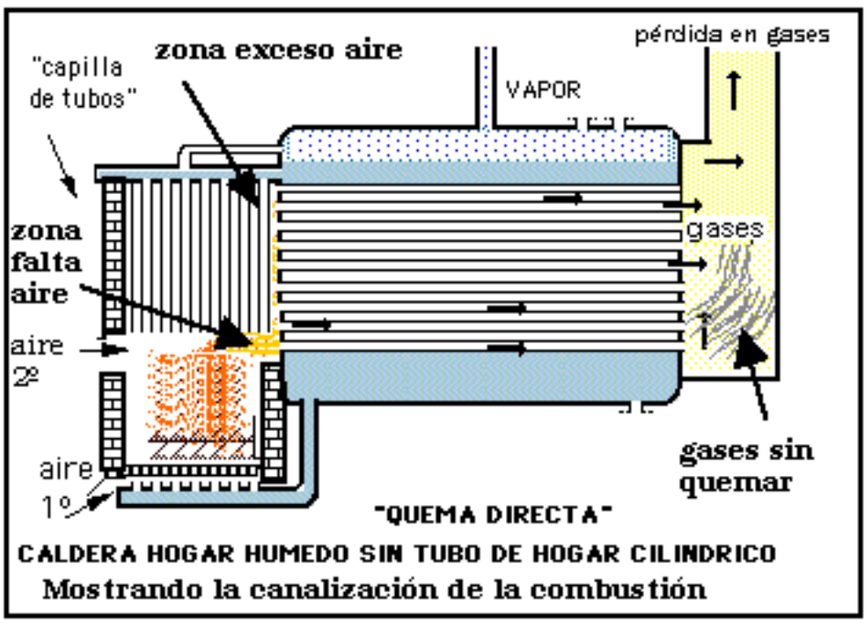
**En la "quema directa" en un hogar húmedo** (acuo-tubular), **sin tubo de hogar cilíndrico, la combustión debe ser completada totalmente antes de llegar a los tubos** (en realidad en todas las calderas, cualquiera sea el tipo), ya que de lo contrario, la llama se apaga (se provoca una pérdida muy importante de gases sin quemar, que puede llegar a más del 5% por cada 1% de CO medido en chimenea, además los tubos tienden a ensuciarse más rápidamente).

Efecto ya mostrado en el siguiente dibujo:




En este caso de caldera de "quema directa" para lograr la combustión completa, **la cámara húmeda de combustión debe ser lo suficiente profunda (altura) para dejar "espacio y tiempo" de combustión**. La **"mala combustión"** o **"llama larga"** (no deseable) 1-se puede deber a que le falta profundidad (altura al hogar); 2-por falta de aire, poco exceso; 3-porque la humedad de la leña es muy alta (más del 30% H.b.h); 4-porque se carga demasiado leña sobre la parrilla; 5-porque se trabaja con leña "podrida" o con mucha cáscara.

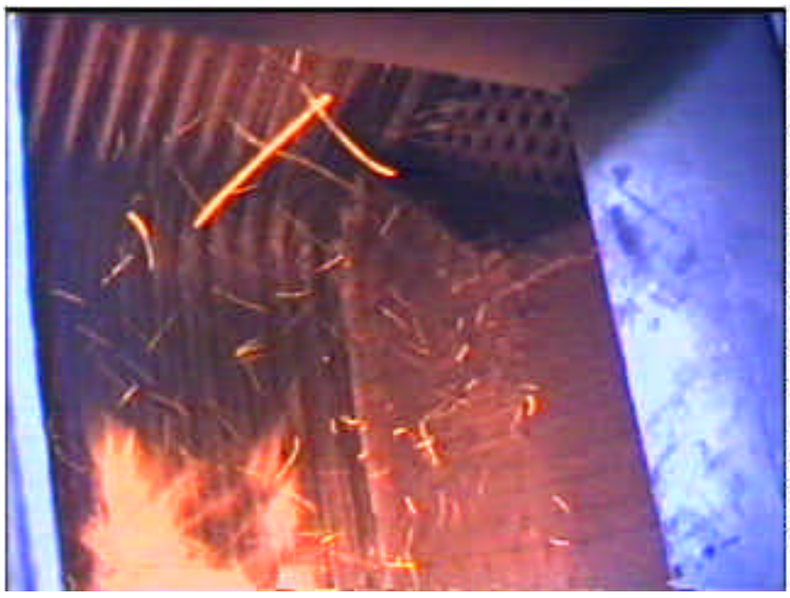
**La mejora de este efecto de posible pérdida por "gases no quemados"**, se logra disminuyendo el tiempo de combustión, para ello poniendo **un recuperador en los gases de chimenea** y **calentando el aire bajo grilla a unos 120°C a 160°C** (con **grilla húmeda**), cargando en forma permanente a medida que se consuma la leña (no dejando que el lecho de leña sea muy alto). Ni que hablar del tema del **acondicionamiento de la leña para lograr en el menor tiempo posible, con la menor putrefacción y con un humedad en lo posible por debajo del 25% H.b.h.** (ver capítulo de manejo de la leña), esto hace que una leña "secada" en condiciones adecuadas, su combustión pueda ser completa en menor "tiempo", con un llama más "limpia" y "luminosa").




**De todas maneras, este sistema no es para mí el ideal,** ya que se producen "canalizaciones" de las combustión, es decir, la llama penetra en los tubos más cercanos del lecho y un exceso de aire en los tubos más alejados (esto se ve a simple vista, pero para poder evaluar el problema, se debe medir los gases de chimenea, **midiendo el exceso de aire**, por medio del la medida del O2 ó CO2 y **midiendo los "gases sin quemar",** veremos que podremos tener **un buen exceso de aire y sin embargo la combustión no es completa**).

Esto nos lleva a considerar que las calderas con hogar acuo-tubular y cuerpo humo-tubular, **mejoran la combustión cuando hay "tubo de hogar cilíndrico" en donde todos los aires y gases en combustión se vuelven a "mezclar" y tienen la oportunidad de terminar adecuadamente la combustión** (mejora la mezcla entre el oxígeno del aire y los elementos combustibles ya gaseosos, **aumenta el tiempo disponible para la combustión** y a su vez hay una transmisión radiante de la llama en el comienzo de la zona de la caldera humo-tubular, **ya que la llama es luminosa**, factor fundamental para la transmisión por radiación y le **dá a la caldera una "respuesta" más rápida** a los cambios de combustión).

**Este efecto del tubo del hogar** (mejora de la combustión final)**, es tan notorio, no solo en el rendimiento de la caldera** (mejor aprovechamiento de la leña) **sino que disminuye el ensuciamiento de los tubos** (especialmente a la entrada de los gases que se enfrían y con ello "apelmazan" las cenizas con los alquitranes de la combustión incompleta). Para minimizar este efecto, se puede **introducir pequeñas dosificaciones de Dolomita** (carbonato de calcio y magnesio, un producto natural, que se tritura) en polvo fino, de manera de elevar el punto de "fusión" de las cenizas para que estas se peguen menos y la caldera demore más en perder rendimiento y capacidad por obstrucción de los gases (falta de tiro en el hogar).



Observar que la llama entra direca a los tubos si no termina la combustión, pasa lo contrario si penetra en un tubo de hogar cilíndrico en donde se encuentra llamas pobres de aires y otras ricas de aire terminando así su combustión.

**Lo tentador de estas calderas sin "hogar cilíndrico" es su menor costo,** pero que el usuario en poco tiempo pagaría y que luego sería un factor de "ganancia" el tener la caldera con hogar cilíndrico (al no haber un pérdida de rendimiento y limpiezas más frecuentes).

**Lo mismo veremos respecto al gasógeno**, **es inconcebible tener un gasógeno sin cámara de combustión torsional** (la misma logra una mezcla entre **el gas del gasógeno que tiene un volumen muy grande** (está a más de 500ºC que lo hace ocupar un gran volumen, el gas del gasógeno es más del 50% en volumen en el momento que entra en contacto con el aire secundario) y **el aire secundario para su combustión final**.

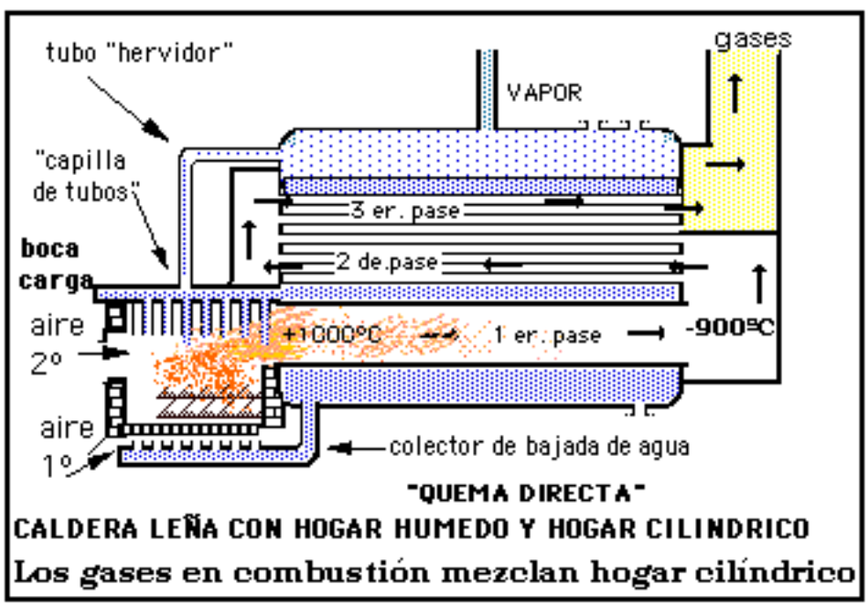
Lo que mejora el Rendimiento de estas calderas, es aumentar la profundidad del hogar, o disponer un ante-hogar entre la cámara de combustión y los tubos, y la **posibilidad de disponer un recuperador de gases para calentar el aire de combustión** (aumenta la velocidad de combustión al disponer aire precalentado).

Se puede observar la llama introducirse en los tubos en donde se enfría y se apaga.

## 2-calderas con ante-hogar húmedo y con hogar cilíndrico en cuerpo humo-tubular:

Estas calderas, que **tienen un hogar húmedo** (capilla delantera o cámara de combustión) **y acoplado a este hogar un hogar cilíndrico como una caldera humo-tubular normal, tiene grandes ventajas** (que se mejoran si tenemos aire caliente bajo grilla o parrilla, debiendo ser estas refrigeradas, generalmente por la misma agua de la caldera que circula por la capillla por el efecto de "sifón" y las burbujas de vapor).

**Su costo es mayor que una "caldera sin hogar cilíndrico"** (costo que se amortizaría rápidamente si el ahorro de la leña sobre los demás combustibles es bueno), **pero además si en esta caldera fuera necesario quemar combustibles líquidos o gaseosos, sería más adaptables que en una "caldera sin hogar cilíndrico"** (esto se explica, debido que el mandrilado y el soldado de los tubos a la placa, en este caso la placa más caliente, está sobre el hogar de combustión, lo que las temperaturas podrían afectar esta unión, provocando fisuras en los tubos, soldadura y placa, **ya que la máxima temperatura aceptable a la entrada de estos tubos mandrilados y soldados no debería pasar de 900°C,** problema que pueden tener las calderas adaptadas a gas que por lo general como el gas tiene menos enfriamiento de su llama en el tubo del hogar cilíndrico de una caldera sin ante-hogar, debido a que la llama es poco luminosa, puede **llegar fácilmente a tener más de 950°C** y provocar con ello esta "fatiga térmica").



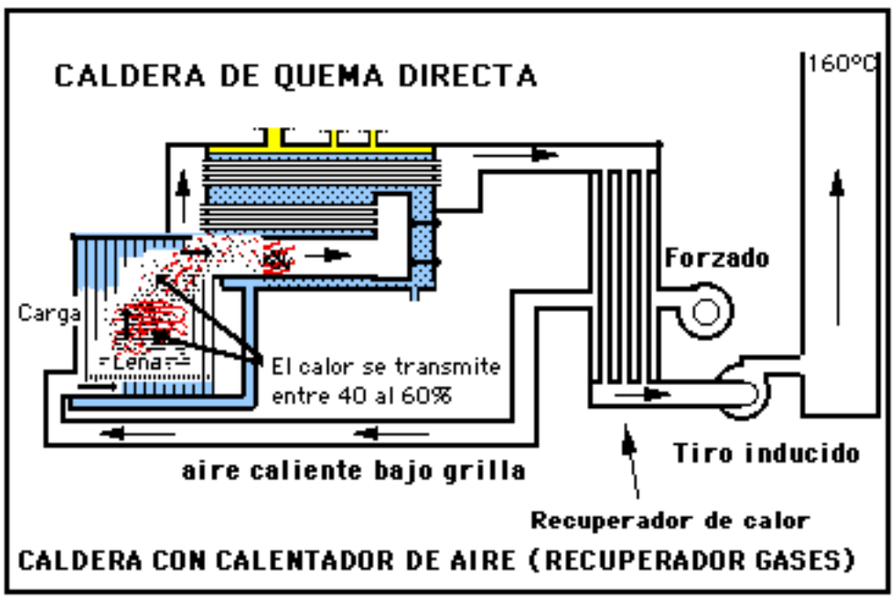

En este caso, **"caldera con hogar húmedo acuo-tubular y hogar cilíndrico en el cuerpo de la parte humo-tubular",** con el simple hecho de **observar que la llama no pase de la mitad de hogar, es suficiente por lo general para decir que no hay "gases sin quemar"**, esto hace que el manejo de la caldera sea **"dócil"** y tenga una **alta "respuesta"** a la necesidad de consumo (**mejora todavía con el aire caliente bajo grilla o parrilla**, ya que logra combustiones en menor tiempo, aún con leña con mucha humedad), **todo esto hace que la caldera se "ensucie" menos, lo que no solo redunda en un mejor rendimiento y capacidad, sino que las limpiezas de cepillado de tubos se puede alargar hasta más de 2 meses** (esto depende de la humedad de la leña, el % de cáscaras, % de la capacidad de marcha y la forma de operar la misma).

**Llamas con falta de aire y llamas con exceso de aire penetran en el tubo del hogar cilindrico y terminan su combustión antes de llegar al primer pase de tubos, logrando así la combustión completa.**

En muchos casos, **cuando la calderas funciona a baja capacidad**, se dá el hecho de que el vapor tiene una temperatura y el agua de la parte humo-tubular es mucho más baja (por ejemplo, el vapor a 10kg/cm2 tiene una temperatura de 183ºC y el cuerpo humo-tubular alcanza apenas a 160ºC, o sea que el cuerpo actúa más que como un recuperador de calor, la parte de agua, y la cámara combustión **acuo-tubular como un generador de vapor**, esto sucede a bajas capacidades y con exceso de aire).

**Es tan importante la generación en la cámara de combustión acuo-tubular** (entre el 40% al 60% de la capacidad de generación total de la caldera), **que quienes diseñen la cámara acuo-tubular tengan en cuenta los colectores de bajada de agua desde la caldera, que si estos son de poco "diámetro"** (una circulación muy limitada), **en los hervidores** (salida de desahogo de vapor en colector superior), **puede salir vapor "sobre-calentado"** (vapor con una temperatura por encima de la correspondiente a la temperatura del vapor saturado a la presión de trabajo).

**O si la descarga del colector superior y los "tubos hervidores" son de muy poco diámetro** (que los colectores inferiores de alimentación)**, la sección de la capilla tiende a "vaciarse" de agua por la gran generación de vapor en los momentos "picos" de carga** (Esto hace que fluctue el nivel de agua, pudiendo hasta provocar cortes por bajo nivel de agua. Subiendo en primera instancia el nivel de agua al vaciarse la "capilla" de agua por efecto del vapor generado, y luego, al casi paralizar la generación de vapor en la parte acuo-tubular por falta de agua para vaporizar, al no haber más vapor suficiente para sostener esta situación, vuelve a llenarse de agua los tubos y **hace que baje rápidamente el nivel de agua de la parte humo-tubular y con ello se provoca un bajo nivel que corta los tiros de aire**, apagando la caldera y con ello confundiendo a los operadores o técnicos de caldera, que piensan que hay un problema en el control de nivel del agua o un problema químico en el agua que la hace oscilar).




En la figura anterior, vemos **una caldera a leña con hogar-acuotubular y hogar cilíndrico, con recuperador de calor en gases de chimenea** (baja la temperatura de los gases aprovechando el calor, bajando la temperatura próximo a los 140ºC a 160º, esto puede significar un "ahorro de combustible" del más del 6%), **con aire caliente "bajo grilla"** (aire precalentado por el recuperador anterior a 140º-160ºC, grilla refrigerada, que mejora la combustión notablemente y quizás aquí esté su mayor importancia), **3 pases de gases.**

**La caldera en estas condiciones, obtiene un gran rendimiento** (se pueden obtener más de 4,2 Kg. de vapor por Kg. de leña con 25%H.b.h.) **y un gran comportamiento al manejo** (una rápida respuesta y sobrecarga puntual) **y a la calidad de la leña de combustión** (si bien este sistema quema leña con una alta humedad, es mejor quemarla por debajo de los 30%H.b.h.) **, siendo el mejor sistema para el logro de ahorro en todas las condiciones** (según mi opinión).

El problema en general, es que esta caldera es la que tiene mayor costo de adquisión, pero **será la que más retorna como ahorro de combustible**, lo que si bien implica un mayor costo en un principio, después será la de mayor beneficio en todos los aspectos (inclusive en **menor necesidad de paradas para limpieza, que muchas veces es el costo más elevado, ya que en algunos casos hay que parar horas de producción**).